التمرين الأول : علوم تجريبية 2008

ندرس تفكك الماء الأوكسجيني (H_2O_2) ، عند درجة حرارة ثابتة $\theta = 12°C$ ، وفي وجود وسيط مناسب . ننمذج التحول الكيميائي الحاصل بتفاعل كيميائي معادلته : $2H_2O_{2(aq)} = 2H_2O_{(l)} + O_{2(g)}$

(نعتبر أن حجم المحلول يبقى ثابتا خلال مدة التحول ، وأن الحجم المولي للغاز في شروط التجربة ، $V_M = 24L.mol^{-1}$)

نأخذ في اللحظة $t = 0$ حجما $V_S = 500mL$ من الماء الأكسجيني تركيزه المولي الإبتدائي $[H_2O_2]_0 = 8,0\times10^{-2}mol.L^{-1}$.

نجمع ثنائي الاوكسجين المتشكل ونقيس حجمه (V_{O_2}) تحت ضغط ثابت كل أربع دقائق ، ونسجل النتائج كما في الجدول التالي :

$t(\min)$	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
$V_{O_2}(mL)$	0	60	114	162	204	234	253	276	288	294	300
$[H_2O_2]mol.L^{-1}$											

1. أنشيء جدولا لتقدم التفاعل الكيميائي الحاصل .
2. اكتب عبارة التركيز المولي $[H_2O_2]$ للماء الأكسجيني في اللحظة t بدلالة : $[H_2O_2]_0$ ، V_S ، V_M ، V_{O_2} .
3. أ- أكمل الجدول السابق .

ب-أرسم المنحنى البياني $[H_2O_2] = f(t)$ باستعمال سلم رسم مناسب .

جـ- اعط عبارة السرعة الحجمية للتفاعل الكيميائي .

د- احسب سرعة التفاعل الكيميائي في اللحظتين $t_1 = 16\min$ و $t_2 = 24\min$. واستنتج كيف تتغير سرعة التفاعل مع الزمن .

هـ- عين زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ بيانيا .

4. إذا أجريت التجربة السابقة في الدرجة $\theta' = 35°C$ ، ارسم كيفيا شكل منحنى تغير $[H_2O_2]$ بدلالة الزمن على البيان السابق مع التبرير .تحول الكيميائي .

الحل المفصل

1. إنشاء جدول تقدم التفاعل .

الكمية الإبتدائية لمادة الماء الأكسجيني هي :

$n = [H_2O_2]_0 .V_S = 8,0\times10^{-2}\times0,5$.

$n = 4\times10^{-2}\ mol$.

معــــــــادلة الــــــتفاعل		$2H_2O_{2(aq)} \rightarrow O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$		
حالة الجملة الكيميائية	التـقدم	كمــــــية الــــــمادة بـ (mol)		
الحــــــالة الإبتدائية	0	n	0	0
الحــــــالة الإنتقالية	$x(t)$	$n-2x(t)$	$x(t)$	$2x(t)$
الحــــــالة النــــهائية	x_f	$n-2x_f$	x_f	$2x_f$

2. كتابة عبارة التركيز المولي $[H_2O_2]$ للماء الأكسجيني في اللحظة t بدلالة : $[H_2O_2]_0$ ، V_S ، V_M ، V_{O_2} .

من جدول التقدم في اللحظة t لدينا : $n_{(H_2O_2)}(t) = n_{i(H_2O_2)} - 2x(t)$ وبالتالي $[H_2O_2] = \dfrac{n_{i(H_2O_2)} - 2x(t)}{V_S} = [H_2O_2]_0 - 2.\dfrac{x(t)}{V_S}$

ومن جهة أخرى : $n(O_2) = \dfrac{V_{O_2}}{V_M} = x$ ومنه : $[H_2O_2] = [H_2O_2]_0 - \dfrac{2}{V_S.V_M}.V_{O_2}$.

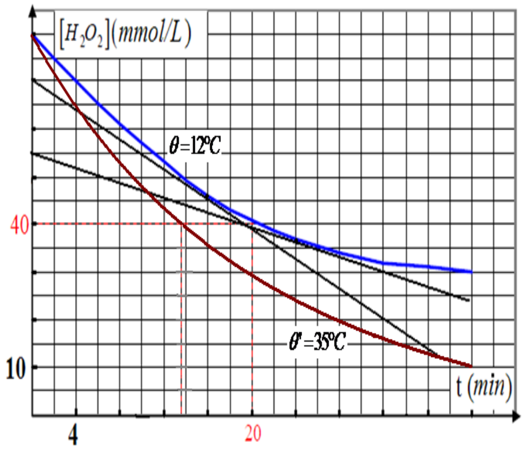
3. أ- تكملة الجدول .

لدينا : $[H_2O_2] = 8,0\times10^{-2} - \dfrac{2}{0,5\times24}.V_{O_2}$ ومنه : $[H_2O_2] = 8,0\times10^{-2} - \dfrac{1}{6}.V_{O_2}$.

$t(\min)$	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
$[H_2O_2]\times10^{-2}mol.L^{-1}$	8,0	7,0	6,1	5,3	4,6	4,1	3,8	3,4	3,2	3,1	3,0

ب– رسم المنحنى البياني $[H_2O_2]=f(t)$ باستعمال سلم رسم مناسب .

أنظر الشكل المقابل



ج– اعطاء عبارة السرعة الحجمية للتفاعل الكيميائي .

تعطى عبارة السرعة الحجمية للتفاعل : $v_{vol}=\frac{1}{V_S}.\frac{dx}{dt}$ ،

ومن جهة أخرى لدينا : $\frac{d[H_2O_2]}{dt}=\frac{1}{V_S}\frac{d}{dt}(n-2x)=-\frac{2}{V_S}\frac{dx}{dt}$.

ومنه : $v_{vol}=-\frac{1}{2}.\frac{d[H_2O_2]}{dt}$

حيث : $\frac{d[H_2O_2]}{dt}$ يمثل ميل مماس المنحنى الممثل لـ $[H_2O_2]=f(t)$ في اللحظة t .

د– حساب سرعة التفاعل الكيميائي في اللحظتين $t_1=16\min$ و $t_2=24\min$.

$$v_{vol}(t_1)=-\frac{1}{2}.\frac{(7,0-4,6)\times10^{-3}}{16-0}=7,5\times10^{-4}mol.L^{-1}.\min^{-1}$$

$$v_{vol}(t_2)=-\frac{1}{2}.\frac{(7,0-5,5)\times10^{-3}}{24-0}=3,1\times10^{-5}mol.L^{-1}.\min^{-1}$$

نلاحظ أن السرعة الحجمية للتفاعل تتناقص مع مرور الزمن .

هـ– تعين زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ بيانيا .

لدينا : $x(t_{1/2})=\frac{x_{\max}}{2}$ وبالتالي : $[H_2O_2](t_{1/2})=\frac{[H_2O_2]_0}{2}$. (لأنه المتفاعل الوحيد إذن هو المتفاعل المحد)

إذن لما : $[H_2O_2](t_{1/2})=\frac{0,08}{2}=40mmol.L^{-1}$ فإن : $t_{1/2}\approx20\min$ (انظر البيان أعلاه) .

.4 رسم شكل منحنى تغير $[H_2O_2]$ بدلالة الزمن في حالة لو أجرينا التجربة عند درجة حرارة $\theta'=35°C$ (أنظر الشكل أعلاه) .

تزداد سرعة التفاعل بازدياد درجة الحرارة وبالتالي تصغر قيمة زمن نصف التفاعل ويبلغ التفاعل حده الأعظمي في مدة أقل من الحالة الأولى ,

التمرين الثاني : علوم تجريبية 2008

في حصة للأعمال المخبرية ، أراد فوج من التلاميذ دراسة التحول الكيميائي الذي يحدث للجملة (مغنيزيوم صلب ، محلول حمض كلور الماء) . فوضع احد التلاميذ شريطا من المغنيزيوم $Mg_{(S)}$ كتلته $m=36mg$ في دورق ، ثم أضاف إليه محلولا لحمض كلور الماء بزيادة حجمه $30mL$ ، وسد الدورق بعد أن أوصله بتجهيز يسمح بحجز الغاز المنطلق وقياس حجمه من لحظة لأخرى .

1. مثل مخططا للتجربة ، مع شرح الطريقة التي تسمح للتلاميذ بحجز الغاز المنطلق ، وقياس حجمه والكشف عنه .
2. اكتب معادلة التفاعل الكيميائي المنمذج للتحول الكيميائي التام الحادث في الدورق علما أن الثنائيتين المشاركتين هما : $(H^+{}_{(aq)}/H_{2(g)})$ ، $(Mg^{2+}{}_{(aq)}/Mg_{(s)})$.
3. يمثل الجدول الآتي نتائج القياسات التي حصل عليها الفوج :

$t(\min)$	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
$V_{H_2}(mL)$	0	12,0	19,2	25,2	28,8	32,4	34,8	36,0	37,2	37,2
$x(mol)$										

أ- مثل جدولا لتقدم التفاعل ، ثم استنتج قيم تقدم التفاعل x في الأزمنة المبينة في الجدول .

ب- إملأ الجدول ثم مثل البيان $x=f(t)$ بسلم مناسب .

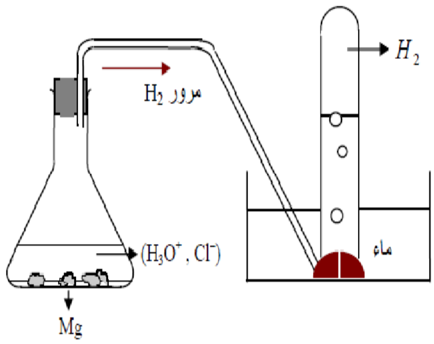
جـ- عين سرعة التفاعل في اللحظة $t=0$.

4. للوسط التفاعلي في الحالة النهائية $pH=1$ ، استنتج التركيز المولي الإبتدائي لمحلول حمض كلور الماء المستعمل .

يعطى : الكتلة المولية الذرية للمغنيزيوم $M(Mg)=24g.mol^{-1}$ ، الحجم المولي للغاز في شروط التجربة $V_M=24,0L.mol^{-1}$.

الحل المفصل :

1. تمثيل مخطط للتجربة ، مع شرح الطريقة التي تسمح بحجز الغاز المنطلق ، وقياس حجمه والكشف عنه .



نملأ أنبوب إختبار مدرج بالماء وننكسه على حوض مملوء بالماء ، وعند إنطلاق الغاز يبدأ مستوى الماء في الأنبوب بالنزول ، حيث يمكن في كل لحظة قياس حجم الغاز بقراءة تدريجة مستوى الماء في الأنبوب . يمكن الكشف عن الغاز في نهاية التجربة بتقريب عود ثقاب مشتعل من فوهة الأنبوب فيحدث فرقعة (من مميزات غاز ثنائي الهيدروجين) .

2. كتابة معادلة التفاعل الكيميائي المنمذج للتحول الكيميائي الحادث في الدورق .

المعادلة النصفية للأكسدة : $Mg_{(S)} \rightarrow Mg^{2+}{}_{(aq)} + 2e^-$.

المعادلة النصفية للإرجاع : $2H^+{}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow H_{2(g)}$.

بجمع معادلتي الأكسدة والإرجاع طرفا لطرف نجد : $Mg_{(S)} + 2H^+{}_{(aq)} \rightarrow Mg^{2+}{}_{(aq)} + H_{2(g)}$

3. أ- جدول تقدم التفاعل .

الكمية الإبتدائية لمادة المغنيزيوم :

$$n_1=\frac{m}{M}=\frac{36\times10^{-3}}{24}1,5\times10^{-3}mol .$$

مـــــــــعادلة الـــــــــتفاعل		$Mg_{(S)}+2H^+{}_{(aq)}\rightarrow Mg^{2+}{}_{(aq)}+H_{2(g)}$			
حالة الجملة الكيميائية	التـــــــقدم	كـــــــــمية الـــــــــمادة بـ (mol)			
الحـــــــالة الإبتدائية	0	n_1	n_0	0	0
الحـــــــالة الإنتقالية	$x(t)$	$n_1-x(t)$	$n_0-2x(t)$	$x(t)$	$x(t)$
الحـــــالة النــــهائية	x_f	n_1-x_f	n_0-2x_f	x_f	x_f

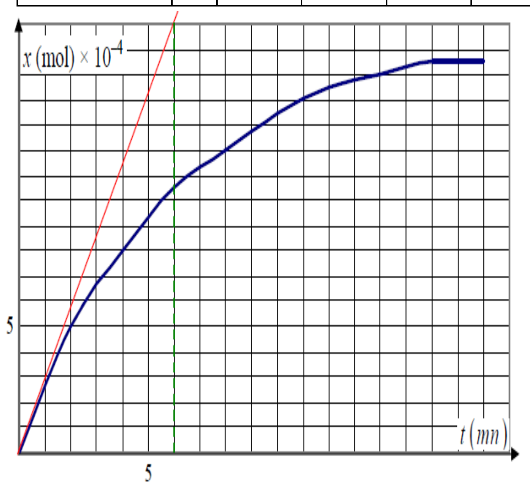
قيم تقدم التفاعل x هي كمية مادة ثنائي الهيدروجين في كل لحظة ، أي : $x=n(H_2)=\frac{V_{H_2}}{V_M}$.

ب- ملء الجدول .

$t(\min)$	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
$x(mmol)$	0	0,50	0,80	1,05	1,20	1,35	1,45	1,50	1,55	1,55

– **تمثيل البيان** $x=f(t)$.

أنظر الشكل المقابل



جـ- تعين سرعة التفاعل في اللحظة $t=0$.

لدينا : $v=\frac{dx}{dt}$ وهي تمثل ميل المماس عند اللحظة $t=0$ وبالتالي :

$$v=\frac{17\times10^{-4}-0}{6-0}=2,83\times10^{-4}mol.\min^{-1} .$$

4. استنتاج التركيز المولي الإبتدائي لمحلول حمض كلور الماء المستعمل .

لدينا في نهاية التفاعل $x_f=1,55\times10^{-3}mol$.

ولدينا كمية مادة H^+ هي : $n_f(H^+)=[H^+]_f.V=10^{-pH}.V=10^{-1}\times30\times10^{-3}$ أي : $n_f(H^+)=3\times10^{-3}mol$.

ولدينا من جدول التقدم : $n_f(H^+)=n_0(H^+)-2x_f$ إذن : $n_0(H^+)=n_f(H^+)+2x_f$

وبالتالي : $n_0(H^+)=3\times10^{-3}+2\times1,55\times10^{-3}=6,1\times10^{-3}mol$: $[H^+]_0=\frac{6,1\times10^{-3}}{30\times10^{-3}}\approx0,2mol.L^{-1}$

نمذج التحول الكيميائي الحاصل بين المغنيزيوم Mg ومحلول حمض كلور الهيدروجين بتفاعل أكسدة – إرجاع معادلته :

$$Mg_{(s)} + 2H_3O^+_{(aq)} = 2H_2O_{(l)} + Mg^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)}$$

ندخل كتلة من معدن المغنيزيوم $m = 1,0g$ في كأس به محلول من حمض كلور الهيدروجين حجمه $V = 60mL$ وتركيزه المولي $C = 5,0mol.L^{-1}$ ، فنلاحظ إنطلاق غاز ثنائي الهيدروجين وتزايد حجمه تدريجيا حتى اختفاء كتلة المغنيزيوم كليا .

نجمع غاز ثنائي الهيدروجين المنطلق ونقيس حجمه كل دقيقة فنحصل على النتائج المدونة في جدول القياسات أدناه .

$t(\min)$	0	1	2	3	4	5	6	7	8
$V_{H_2}(mL)$	0	336	625	810	910	970	985	985	985
$x(mol)$									

1. أنشيء جدولا لتقدم التفاعل .
2. أكمل جدول القياسات حيث x يمثل تقدم التفاعل .
3. أرسم المنحنى البياني $x = f(t)$ بسلم مناسب .
4. عين التقدم النهائي x_f للتفاعل الكيميائي وحدد المتفاعل المحد .
5. احسب سرعة تشكل ثنائي الهيدروجين في اللحظتين $(t = 0\min)$ ، $(t = 3\min)$.
6. عين زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.
7. احسب تركيز شوارد الهيدرونيوم (H_3O^+) في الوسط التفاعلي عند إنتهاء التحول الكيميائي

نأخذ : $M(Mg) = 24,3g.mol^{-1}$ ، الحجم المولي في شروط التجربة $V_M = 24L.mol^{-1}$.

الحل المفصل :

1. إنشاء جدولا لتقدم التفاعل .

معادلة التفاعل		$Mg_{(s)}$	$+2H_3O^+_{(aq)}$	$=2H_2O_{(l)}$	$+H_{2(g)}$	$+Mg^{2+}_{(aq)}$
حالة الجملة الكيميائية	التقدم	كمية المادة بـ (mol)				
الحالة الإبتدائية	0	n_1	n_0	بوفرة	0	0
الحالة الإنتقالية	x	$n_1 - x$	$n_0 - 2x$	بوفرة	x	x
الحالة النهائية	x_f	$n_1 - x_f$	$n_0 - 2x_f$	بوفرة	x_f	x_f

حيث : الكمية الإبتدائية لمادة المغنيزيوم :

$n_1 = \dfrac{m}{M} = \dfrac{1}{24}$.

$n_1 \approx 4,1 \times 10^{-2} mol$

الكمية الإبتدائية لمادة حمض كلور الماء :

$n_0 = C.V = 5 \times 60 \times 10^{-3} = 0,3mol$.

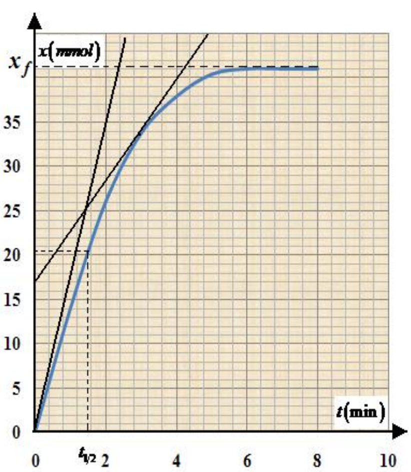
2. تكملة الجدول .

قيم تقدم التفاعل x هي كمية مادة ثنائي الهيدروجين في كل لحظة ، أي : $x = n(H_2) = \dfrac{V_{H_2}}{V_M}$.

$t(\min)$	0	1	2	3	4	5	6	7	8
$x(mmol)$	0	14,0	26,0	33,7	37,9	40,4	41,0	41,0	41,0

3. رسم المنحنى البياني $x = f(t)$.

أنظر الشكل المقابل



4. تعين التقدم النهائي x_f للتفاعل الكيميائي وتحديد المتفاعل المحد .

لدينا : $\dfrac{n_1(H_3O^+)}{1} = 0,3mol$ و $\dfrac{n_0(Mg)}{2} = 4,1 \times 10^{-2} mol$

أي $\dfrac{n_1(H_3O^+)}{1} < \dfrac{n_0(Mg)}{2}$ وبالتالي التقدم النهائي : $x_f = 4,1 \times 10^{-2} mol$ المتفاعل المحد هو Mg .

ملاحظة : يمكن استنتاج التقدم النهائي من البيان .

5. حساب سرعة تشكل ثنائي الهيدروجين في اللحظتين $(t=0\min)$ ، $(t=3\min)$

$$v_{H_2}(0)=\frac{dn_{H_2}}{dt}=\frac{dx}{dt}=\frac{35-0}{2-0}=17,5mmol.\min^{-1} \text{ ، } v_{H_2}(3)=\frac{dn_{H_2}}{dt}=\frac{dx}{dt}=\frac{33,7-17}{3-0}\approx 5,6mmol.\min^{-1}$$

6. تعين زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.

من البيان لما : $x(t_{1/2})=\frac{x_f}{2}\approx 20,05mmol$ لدينا $t_{1/2}=1,5\min$.

7. حساب تركيز شوارد الهيدرونيوم (H_3O^+) في الوسط التفاعلي عند إنتهاء التحول الكيميائي

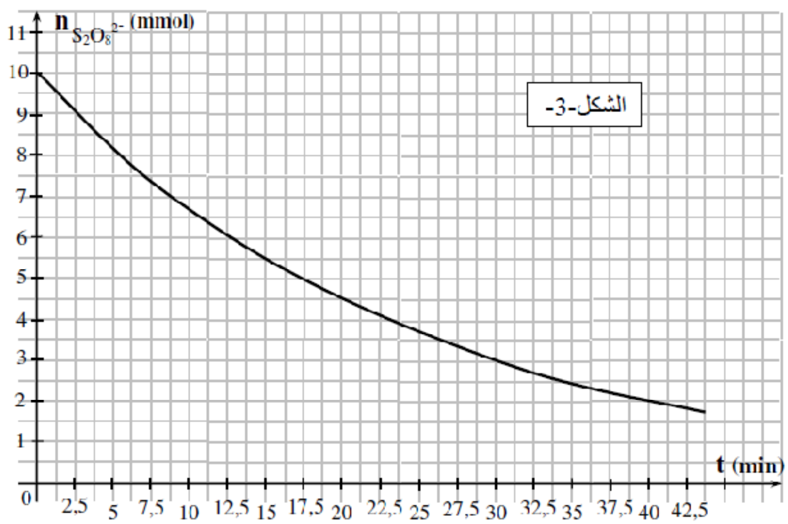
لدينا في نهاية التفاعل : $x_f=4,1\times10^{-2}mol$ وبالتالي : $[H_3O^+]_f=\frac{n_0-2x_f}{V}=C-2\frac{x_f}{V}=5,0-2\frac{4,1\times10^{-2}}{60\times10^{-3}}$

ومنه : $[H_3O^+]_f\simeq 3,6mol.L^{-1}$.

التمرين الرابع : رياضيات و تقني رياضي 2008

نريد دراسة تطور التحول الكيميائي الحاصل بين شوارد محلول (S_1) لبيروكسوديكبريتات البوتاسيوم $\left(2K^+_{(aq)}+S_2O_8^{2-}{}_{(aq)}\right)$ وشوارد محلول (S_2) ليود البوتاسيوم $\left(K^+_{(aq)}+I^-_{(aq)}\right)$ في درجة حرارة ثابتة .

لهذا الغرض نمزج في اللحظة $t=0$ حجما $V_1=50mL$ من المحلول (S_1) تركيزه المولي $C_1=2,0\times10^{-1}mol.L^{-1}$ مع حجم $V_2=50mL$ من المحلول (S_2) تركيزه المولي $C_2=1,0mol.L^{-1}$. نتابع تغيرات كمية مادة $S_2O_8^{2-}$ المتبقية في الوسط التفاعلي في لحظات زمنية مختلفة ، فنحصل على البيان الموضح في الشكل -3- .



ننمذج التحول الكيميائي الحاصل بالتفاعل الذي معادلته :

$$2I^-_{(aq)}+S_2O_8^{2-}{}_{(aq)}=I_{2(aq)}+2SO_4^{2-}{}_{(aq)}$$

1. حدد الثنائيتين ox/red المشاركتين في التفاعل .
2. أنشئ جدولا لتقدم التفاعل .
3. حدد المتفاعل المحد علما أن التفاعل تام .
4. عرف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ واستنتج قيمته بيانيا .
5. أوجد التراكيز المولية للأنواع الكيميائية المتواجدة في الوسط التفاعلي عند اللحظة $t_{1/2}$.
6. استنتج بيانيا قيمة السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظة $t=10\min$.

الحل المفصل :

1. تحديد الثنائيتين ox/red المشاركتين في التفاعل .

معادلة الإرجاع: $S_2O_8^{-2}{}_{(aq)}+2e^-=2SO_4^{-2}{}_{(aq)}$ الثنائية الموافقة : $(S_2O_8^{-2}/SO_4^{-2})$.

معادلة الأكسدة: $2I^-_{(aq)}=I_{2(aq)}+2e^-$ الثنائية الموافقة : (I_2/I^-)

2. جدول تقدم التفاعل .

كمية مادة بيرو كسو دي كبريتات البوتاسيوم الإبتدائية :

$$n_1=C_1.V_1=0,2\times50\times10^{-3}=10^{-2}mol$$

وبالتالي : $n_1=10mmol$.

المعادلة		$S_2O_8^{-2}{}_{(aq)}$	$+2I^-_{(aq)}$	$=2SO_4^{-2}{}_{(aq)}$	$+I_{2(aq)}$
حالة الجملة	التقدم	كميات المادة بـ $mmol$			
إبتدائية	0	$n_1=10$	$n_2=50$	0	0
إنتقالية	x	n_1-x	n_2-2x	$2x$	x
نهائية	x_f	n_1-x_f	n_2-2x_f	$2x_f$	x_f

الكمية الإبتدائية لمادة شوارد اليود I^- هي : $n_2 = C_2.V_2 = 1,0\times 50\times 10^{-3} = 5\times 10^{-2}\ mol$ وبالتالي : $n_2 = 50mmol$.

.3 تحديد المتفاعل المحد علما أن التفاعل تام .

لدينا : $n_1 - x_{max} = 0$ أو $n_2 - 2x_{max} = 0$ ومنه نستنتج أن $x_{max} = n_1 = 10mmol$.

وبالتالي المتفاعل المحد هو : شاردة البيرو كسو دي كبريتات $S_2O_8^{-2}$.

.4 تعريف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ واستنتج قيمته بيانيا .

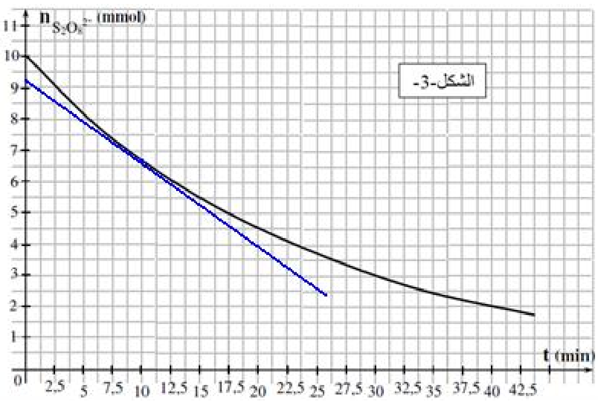
زمن نصف التفاعل هو المدة الضرورية لبلوغ التاافعل نسف تقدمه النهائي أي : $x(t_{1/2}) = \frac{x_f}{2}$ وبالتالي : $n_{S_2O_8^{-2}} = \frac{n_1}{2} = \frac{10}{2} = 5mmol$

من البيان لما $n_{S_2O_8^{-2}} = 5mmol$ لدينا : $t_{1/2} = 17,5\min$.

.5 تحديد التراكيز المولية للأنواع الكيميائية المتواجدة في الوسط التفاعلي عند اللحظة $t_{1/2}$.

التراكيز المولية للأنواع الكيميائية المتواجدة في الوسط التفاعلي عند اللحظة $t_{1/2}$				
$[K^+] = \frac{2n_1 + n_2}{V_1 + V_2} = \frac{20+50}{100}$ $[K^+] = 0,7mol.L^{-1}$	$[I_2] = \frac{x_{1/2}}{V_1 + V_2} = \frac{5}{100}$ $[I_2] = 0,05mol.L^{-1}$	$[SO_4^{-2}] = \frac{2x_{1/2}}{V_1 + V_2} = \frac{10}{100}$ $[SO_4^{-2}] = 0,1mol.L^{-1}$	$[I^-] = \frac{n_2 - 2x_{1/2}}{V_1 + V_2} = \frac{50-10}{100}$ $[I^-] = 0,4mol.L^{-1}$	$[S_2O_8^{-2}] = \frac{n_1 - x_{1/2}}{V_1 + V_2} = \frac{10-5}{100}$ $[S_2O_8^{-2}] = 0,05mol.L^{-1}$

.6 استنتاج قيمة السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظة $t = 10\min$.



لدينا : $n_{S_2O_8^{-2}} = n_1 - x$ وبالتالي : $\frac{dx}{dt} = -\frac{dn_{S_2O_8^{-2}}}{dt}$.

إذن : $v_{vol} = \frac{1}{V}\frac{dx}{dt} = -\frac{1}{V}\frac{dn_{S_2O_8^{-2}}}{dt}$

حيث $\frac{dn_{S_2O_8^{-2}}}{dt}$ تمثل ميل مماس البيان في اللحظة $t = 10\min$.

ومنه : $v_{vol} = -\frac{1}{0,1}\frac{6,6-9,3}{10-0} = 2,7mmol.L^{-1}.\min^{-1}$

التمرين الخامس : علوم تجريبية 2009

ينمذج التحول الكيميائي الذي يحدث بين شوارد البيروكسو ديكبريتات $(S_2O_8^{2-})$ وشوارد اليود (I^-) في الوسط المائي بتفاعل تام معادلته :

$$S_2O_8^{2-}{}_{(aq)} + 2I^-{}_{(aq)} = 2SO_4^{2-}{}_{(aq)} + I_{2(aq)}$$

I. لدراسة تطور هذا التفاعل في درجة حرارة ثابتة $(\theta = 35°C)$ بدلالة الزمن ، نمزج في اللحظة $(t=0)$ حجما $V_1 = 100mL$ من محلول مائي لبيروكسو ديكبريتات البوتاسيوم $(2K^+ + S_2O_8^{2-})$ تركيزه المولي $C_1 = 4,0\times 10^{-2}mol.L^{-1}$ مع حجم $V_2 = 100mL$ من محلول مائي ليود البوتاسيوم $(K^+ + I^-)$ تركيزه المولي $C_2 = 8,0\times 10^{-2}mol.L^{-1}$ فنحصل على مزيج حجمه $V_T = 200mL$.

أ- أنشئ جدولا لتقدم التفاعل الحاصل .

ب- اكتب عبارة التركيز المولي $[S_2O_8^{2-}]$ لشوارد البيروكسو ديكبريتات في المزيج خلال التفاعل بدلالة C_1 ، V_1 ، V_2 و $[I_2]$ التركيز المولي لثنائي اليود (I_2) في المزيج .

جـ- احسب قيمة $[S_2O_8^{2-}]_0$ التركيز المولي لشوارد البيروكسو ديكبريتات في اللحظة $(t=0)$ لحظة انطلاق التفاعل بين شوارد $(S_2O_8^{2-})$ وشوارد (I^-)

II. لمتابعة التركيز المولي لثنائي اليود المتشكل بدلالة الزمن ، نأخذ في أزمنة مختلفة t_1 ، t_2 ،........ t_i . عينات من المزيج حجم كل عينة $V_0 = 10mL$ ونبردها بالماء البارد والجليد وبعدها نعاير ثنائي اليود المتشكل خلال المدة t_i بواسطة ثيو كبريتات الصوديوم $(2Na^+ + S_2O_3^{2-})$ تركيزه المولي

وفي كل مرة نسجل V' حجم محلول ثيو كبريتات الصوديوم اللازم لاختفاء ثنائي اليود فنحصل على جدول القياسات التالي : $C' = 1,5 \times 10^{-2} mol.L^{-1}$

$t(\min)$	0	5	10	15	20	30	45	60
$V'(ml)$	0	4,0	6,7	8,7	10,4	13,1	15,3	16,7
$[I_2](mmol/l)$								

أ- لماذا تبرد العينات مباشرة بعد فصلها عن المزيج ؟

ب- في تفاعل المعايرة تتدخل الثنائيات : $S_4O_6^{2-}{}_{(aq)} / S_2O_3^{2-}{}_{(aq)}$ و $I_{2(aq)} / I^-{}_{(aq)}$.

- اكتب المعادلة الإجمالية لتفاعل الأكسدة – إرجاع الحاصل بين الثنائيتين .

ج- بين مستعينا بجدول التقدم لتفاعل المعايرة أن التركيز المولي لثنائي اليود في العينة عند نقطة التكافؤ يعطى بالعلاقة : $[I_2] = \frac{1}{2} \times \frac{C' \times V'}{V_0}$

د- أكمل جدول القياسات .

هـ- ارسم على ورقة مليمترية البيان $[I_2] = f(t)$.

و- احسب بيانيا السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظة $(t = 20\min)$.

الحل المفصل :

I. أ- جدول تقدم التفاعل .

الكمية الإبتدائية لمادة شوارد البيروكسودي كبريتات $S_2O_8^{2-}$ هي : $n_1 = C_1.V_1 = 4,0 \times 10^{-2} \times 10^{-1}$.

$n_1 = 4,0 \times 10^{-3} mol = 4mmol$

الكمية الإبتدائية لمادة شوارد اليود I^- هي :

$n_2 = C_2.V_2 = 8,0 \times 10^{-2} \times 10^{-1}$.

$n_2 = 8,0 \times 10^{-3} mol = 8mmol$

مـــــــــعادلة الـــــــــتفاعل		$S_2O_8^{2-}{}_{(aq)}$	$+2I^-{}_{(aq)}$	$=2SO_4^{2-}{}_{(aq)}$	$+I_{2(aq)}$
حالة الجملة الكيميائية	التـــقدم	كمـــــــية الـــــــمادة بـ $(mmol)$			
الحـــــــالة الإبتدائية	0	4	8	0	0
الحـــــــالة الإنتقالية	$x(t)$	$4-x(t)$	$8-2x(t)$	$2x(t)$	$x(t)$
الحـــــــالة النـــهائية	x_f	$4-x_f$	$8-2x_f$	$2x_f$	x_f

ب- كتابة عبارة التركيز المولي $[S_2O_8^{2-}]$ لشوارد البيروكسو ديكبريتات في المزيج خلال التفاعل .

من جدول التقدم (الحالة الإنتقالية) نستنتج : $[S_2O_8^{2-}] = \frac{n_1 - x}{V_T} = \frac{C_1.V_1}{V_1+V_2} - \frac{x}{V_1+V_2}$

ولدينا : $n_{I_2} = x$ ، أي : $[I_2] = \frac{x}{V_1+V_2}$. ومنه : $[S_2O_8^{2-}] = \frac{C_1.V_1}{V_1+V_2} - [I_2]$

ج- حساب قيمة $[S_2O_8^{2-}]_0$.

لدينا : $[S_2O_8^{2-}]_0 = \frac{C_1.V_1}{V_1+V_2}$ وبالتالي : $[S_2O_8^{2-}]_0 = \frac{4 \times 10^{-2} \times 10^{-1}}{10^{-1}+10^{-1}} = 2 \times 10^{-2} mol.L^{-1}$.

II. أ- نبرد المزيج قبل المعايرة لتوقيف التفاعل و المحافظة على كمية ثنائي اليود (I_2) لحظة أخذ العينة وللتمكن من معايرة كميتها الناتجة .

ب- كتابة المعادلة الإجمالية لتفاعل أكسدة – إرجاع الحاصل .

المعادلة النصفية للأكسدة : $2S_2O_3^{2-}{}_{(aq)} \rightarrow S_4O_6^{2-}{}_{(aq)} + 2e^-$.

المعادلة النصفية للإرجاع : $I_{2(aq)} + 2e^- \rightarrow 2I^-{}_{(aq)}$.

بجمع معادلتي الأكسدة والإرجاع طرفا لطرف نجد : $2S_2O_3^{2-}{}_{(aq)} + I_{2(aq)} \rightarrow S_4O_6^{2-}{}_{(aq)} + 2I^-{}_{(aq)}$

ج- كتابة عبارة التركيز المولي لثنائي اليود في العينة عند التكافؤ .

جدول تقدم التفاعل .

مـــــــــعادلة الـــــــــتفاعل		$2S_2O_3^{2-}{}_{(aq)}$	$+I_{2(aq)}$	$\rightarrow S_4O_6^{2-}{}_{(aq)}$	$+2I^-{}_{(aq)}$
حالة الجملة الكيميائية	التقدم	كمـــــــية الـــــــمادة بـ (mol)			
الحـــــــالة الإبتدائية	0	n'	n_0	0	0
الحـــــــالة النـــهائية	x_E	$n'-2x_E$	$n_0 - x_E$	x_E	$2x_E$

عند التكافؤ يكون : $n_0 - x_E = 0$ و $n' - 2x_E = 0$

وبالتالي : $x_E = n_0 = \frac{n'}{2}$

$t(\min)$	0	5	10	15	20	30	45	60
$[I_2](mmol.L^{-1})$	0	3,0	5,0	6,5	7,8	9,8	11,5	12,5

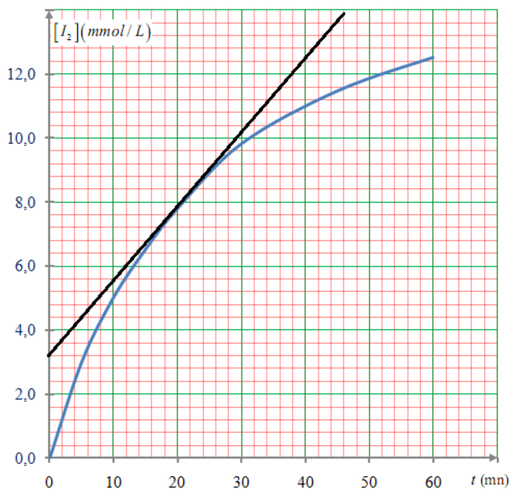
إذن : $[I_2]=\dfrac{n_0}{V_0}$ ومنه : $[I_2]=\dfrac{1}{2}.\dfrac{C'.V'}{V_0}$.

د– ملء الجدول .

لدينا : $[I_2]=\dfrac{1}{2}.\dfrac{C'.V'}{V_0}$ أي : $[I_2]=\dfrac{1,5\times10^{-2}}{2\times10\times10^{-3}}V'=0,75\times V'$. (نعوض قيم V' بـ mL لنجد $[I_2]$ بـ $mmol.L^{-1}$)

هـ– رسم البيان $[I_2]=f(t)$.

أنظر الشكل المقابل .



و– حساب السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظة $(t=20\min)$.

لدينا : $v_{vol}=\dfrac{1}{V_T}\dfrac{dx}{dt}$ وبالتالي : $v_{vol}=\dfrac{d}{dt}\left(\dfrac{x}{V_T}\right)=\dfrac{d[I_2]}{dt}$.

إذن $v_{vol}=\dfrac{d[I_2]}{dt}$ ، وهي ميل المماس في النقطة ذات الفاصلة $t=20\min$.

ومنه : $v_{vol}=\dfrac{7,8-3,2}{20-0}=0,23mmol.\min^{-1}.L^{-1}$.

التمرين السادس : علوم تجريبية 2009

يهدف تتبع تطور التحول الكيميائي التام لتأثير حمض كلور الماء (H^++Cl^-) على كربونات الكالسيوم . نضع قطعة كتلتها $2,0g$ من كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ داخل $100mL$ من حمض كلور الماء تركيزه المولي $C=1,0\times10^{-1}mol.L^{-1}$.

الطريقة الأولى :

نقيس ضغط غاز ثنائي أكسيد الكربون المنطلق والمحجوز في دورق حجمه لتر واحد $(1L)$ تحت درجة حرارة ثابتة $T=25°C$ فكانت النتائج المدونة في الجدول التالي :

$t(s)$	20	60	100
$P_{(CO_2)}(Pa)$	2280	5560	7170
$n_{(CO_2)}(mol)$			
$x(mol)$			

المعادلة الكيميائية المعبرة عن التفاعل المنمذج للتحول الكيميائي السابق :

$$CaCO_{3(s)}+2H^+_{(aq)}=CO_{2(g)}+H_2O_{(l)}+Ca^{2+}_{(aq)}$$

1. أنشئ جدولا لتقدم التفاعل السابق
2. ما العلاقة بين (n_{CO_2}) كمية مادة الغاز المنطلق و (x) تقدم التفاعل .
3. بتطبيق قانون الغاز المثالي والذي يعطى بالشكل $(P.V=n.R.T)$ ، أكمل الجدول السابق .
4. مثل بيان الدالة $x=f(t)$. يعطى $R=8,32SI$ ، $1L=10^{-3}m^3$.

الطريقة الثانية :

تتبع قيمة تركيز شوارد الهيدرونيوم (H^+) في وسط التفاعل بدلالة الزمن أعطت النتائج المدونة بالجدول التالي :

$t(s)$	20	60	100
$[H^+](mol.L^{-1})$	0,080	0,056	0,040
$n_{(H^+)}(mol)$			
$x(mol)$			

1. احسب $(n_{(H^+)})$ كمية شوارد الهيدروجين في كل لحظة .
2. مستعينا بجدول تقدم التفاعل ، أوجد العبارة الحرفية التي تعطي $(n_{(H^+)})$ بدلالة التقدم (x) وكمية المادة الابتدائية (n_0) لشوارد الهيدروجين الموجبة .
3. احسب قيمة التقدم (x) في كل لحظة .
4. انشئ البيان $x=f(t)$ ، ماذا تستنتج ؟
5. حدد المتفاعل المحد .
6. استنتج $t_{1/2}$ زمن نصف التفاعل .
7. احسب السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظة $t=50s$.

$M(O)=16g.mol^{-1}$ ، $M(C)=12g.mol^{-1}$ ، $M(Ca)=40g.mol^{-1}$.

الحل المفصل :

الطريقة الأولى :

1. جدول تقدم التفاعل .

معادلة التفاعل		$CaCO_{3(s)}$	$+\ 2H^+_{(aq)}$	$=\ CO_{2(g)}$	$+\ Ca^{2+}_{(aq)}$	$+\ H_2O_{(l)}$
حالة الجملة الكيميائية	التقدم	كمية المادة بـ (mol)				
الحالة الإبتدائية	0	$n=2\times10^{-2}$	$n_0=10^{-2}$	0	0	بوفرة
الحالة الإنتقالية	x	$n-x$	n_0-2x	x	x	بوفرة
الحالة النهائية	$x_{\max}$	$n-x_{\max}$	$n_0-2x_{\max}$	$x_{\max}$	$x_{\max}$	بوفرة

كمية مادة حمض كلور الماء :

$n_0 = C.V = 0,1\times0,1$

ومنه : $n_0 = 10^{-2}mol$.

كمية مادة كربونات الكالسيوم :

$n=\frac{m}{M}=\frac{2}{100}$

ومنه : $n=2\times10^{-2}mol$.

2. من جدول التقدم نجد : $n_{CO_2}=x$.

3. تكملة الجدول المعطى .

$t(s)$	20	60	100
$n_{(CO_2)}(mmol)$	0,92	2,24	2,89
$x(mmol)$	0,92	2,24	2,89

لدينا : $P_{CO_2}.V_{CO_2}=n_{CO_2}.R.T$ وبالتالي : $n_{CO_2}=\frac{V_{CO_2}}{R.T}P_{CO_2}$

إذن : $n_{CO_2}=\frac{1\times10^{-3}}{8,32\times(25+273)}.P_{CO_2}$ ، ومنه : $n_{CO_2}=4,03\times10^{-7}.P_{CO_2}$

4. تمثيل بيان الدالة $x=f(t)$. أنظر الشكل أدناه .

الطريقة الثانية :

1. حساب $(n_{(H^+)})$ **كمية شوارد الهيدروجين في كل لحظة .**

لدينا : $n_{(H^+)}=[H^+].V=0,1\times[H^+]$.

$t(s)$	20	60	100
$n_{(H^+)}(mmol)$	8,0	5,6	4,0
$x(mmol)$	1,0	2,2	3,0

2. إيجاد العلاقة بين $(n_{(H^+)})$ **و** (x) **و** (n_0) .

من جدول التقدم لدينا : $n_{(H^+)}=n_0-2x$.

3. حساب قيمة التقدم (x) **في كل لحظة .**

لدينا : $n_{(H^+)}=n_0-2x$ وبالتالي : $x=\frac{1}{2}\left(n_0-n_{(H^+)}\right)$ ومنه : $x=\frac{1}{2}\left(10^{-2}-n_{(H^+)}\right)$.

4. انشاء البيان $x=f(t)$. أنظر الشكل أدناه .

الإستنتاج : نلاحظ أن البيانان متطابقان . (نحصل على نفس التقدم في كل لحظة) .

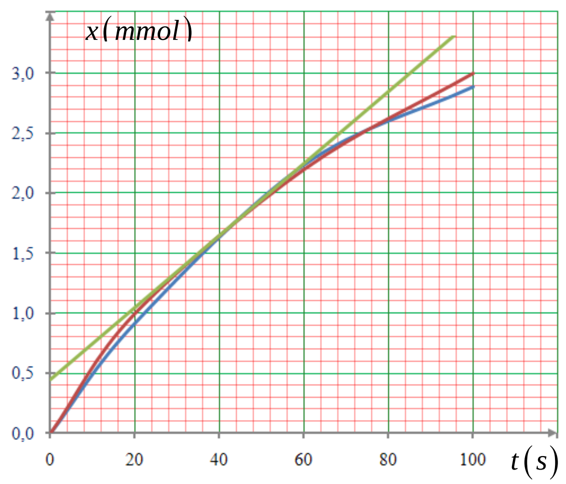
5. تحديد المتفاعل المحد .

لدينا: $\frac{n_0}{2}=5\times10^{-3}mol$ و $\frac{n}{1}=2\times10^{-2}mol$ نلاحظ أن : $\frac{n_0}{2}<\frac{n}{1}$ ومنه المتفاعل المحد هو حمض كلور الماء (H^+) والتقدم الأعظمي : $x_{\max}=5mmol$

6. استنتاج $t_{1/2}$ **زمن نصف التفاعل .**

لدينا : $x(t_{1/2})=\frac{x_{\max}}{2}=\frac{5}{2}=2,5mmol$ ،

من البيان لما $x(t_{1/2})=2,5mmol$ نجد : $t_{1/2}\approx70s$.



7. حساب السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظة $t=50s$.

لدينا : $v_{vol}=\frac{1}{V}\frac{dx}{dt}$ ، حيث $\frac{dx}{dt}$ تمثل بيانيا ميل المماس عند اللحظة $t=50s$.

إذن : $\frac{dx}{dt}=\frac{(1,95-0,45)\times10^{-3}}{50-0}=3\times10^{-5}mol.s^{-1}$

وبالتالي : $v_{vol}=\frac{1}{0,1}\times3\times10^{-5}$ ، ومنه : $v_{vol}=3\times10^{-4}mol.L^{-1}.s^{-1}$.

يحفظ الماء الأكسجيني (محلول لبروكسيد الهيدروجين $H_2O_{2(aq)}$) في قارورات خاصة بسبب تفككه البطيء . تحمل الورقة الملصقة على قارورته في المختبر الكتابة ماء أكسجيني $(10V)$ ، وتعني أن $(1L)$ من الماء الأكسجيني ينتج بعد تفككه $10L$ من غاز ثنائي الأكسجين في الشرطين النظاميين حيث الحجم المولي $V_m = 22,4L.mol^{-1}$.

1. يندمج التفكك الذاتي للماء الأكسجيني بالتفاعل ذي المعادلة الكيميائية التالية : $2H_2O_{2(aq)} = 2H_2O_{(l)} + O_{2(g)}$.

أ- بين أن التركيز المولي الحجمي للماء الاكسجيني هو : $C = 0,893mol.L^{-1}$.

ب- نضع في حوجلة حجما V_1 من الماء الأكسجيني ونكمل الحجم بالماء المقطر إلى $100mL$.

- كيف تسمى هذه العملية ؟
- استنتج الحجم V_1 علما أن المحلول الناتج تركيزه المولي $C_1 = 0,1mol.L^{-1}$.

2. لغرض التأكد من الكتابة السابقة $(10V)$ عايرنا $20mL$ من المحلول الممدد ، بواسطة محلول برمنغنات البوتاسيوم $\left(K^+_{(aq)} + MnO^-_{4\,(aq)}\right)$ المحمض ، تركيزه المولي $C_0 = 0,02mol.L^{-1}$ فكان الحجم المضاف عند التكافؤ $V_E = 38mL$.

أ- اكتب معادلة التفاعل أكسدة – إرجاع المنمذج لتحول المعايرة علما أن الثنائيتين الداخلتين في هذا التفاعل هما : $\left(O_{2(g)} / H_2O_{2(aq)}\right)$ و $\left(MnO^-_{4\,(aq)} / Mn^{2+}{}_{(aq)}\right)$.

ب- استنتج التركيز المولي الحجمي لمحلول الماء الأكسجيني الإبتدائي . وهل تتوافق هذه النتيجة التجريبية مع ما كتب على ملصوقة القارورة ؟

الحل المفصل :

1. أ- إثبات أن التركيز المولي الحجمي للماء الاكسجيني هو : $C = 0,893mol.L^{-1}$.

كمية مادة غاز ثنائي الأكسجين الناتج من تفكك $(1L)$ من الماء الأكسجيني هي : $n_{O_2} = \dfrac{V_{O_2}}{V_m} = \dfrac{10}{22,4} \approx 0,4464mol$.

من معادلة التفاعل نستنتج : $n_i(H_2O_2) = 2n_f(O_2) = 2\times 0,4464 \approx 0,893mol$

ومنه : $C = \dfrac{n_i(H_2O_2)}{V_{H_2O_2}} = \dfrac{0,893}{1} = 0,893mol.L^{-1}$.

ب- تسمى عملية إضافة الماء المقطر إلى المحلول بعملية التمديد أو التخفيف .

- **استنتاج الحجم** V_1 .

لدينا من قانون التخفيف : $CV_1 = C_1V$ وبالتالي : $V_1 = \dfrac{C_1}{C}.V$ ومنه : $V_1 = \dfrac{0,1}{0,893}.100 = 11,2mL$.

2. أ- كتابة معادلة التفاعل أكسدة – إرجاع المنمذج لتحول المعايرة .

المعادلة النصفية للإرجاع : $2\times\left(MnO^-_{4\,(aq)} + 8H^+_{(aq)} + 5e^- \rightarrow Mn^{2+}{}_{(aq)} + 4H_2O_{(l)}\right)$.

المعادلة النصفية للأكسدة : $5\times\left(H_2O_{2(aq)} \rightarrow O_{2(g)} + 2H^+_{(aq)} + 2e^-\right)$.

بجمع معادلتي الأكسدة والإرجاع طرفا لطرف نجد : $2MnO^-_{4\,(aq)} + 5H_2O_{2(aq)} + 6H^+_{(aq)} \rightarrow 2Mn^{2+}{}_{(aq)} + 5O_{2(g)} + 8H_2O_{(l)}$.

ب- استنتاج التركيز المولي الحجمي لمحلول الماء الأكسجيني الإبتدائي .

عند التكافؤ يكون لدينا : $n(MnO_4^-) - 2x_{\max} = 0$ و $n(H_2O_2) - 5x_{\max} = 0$ وبالتالي : $x_{\max} = \dfrac{n(MnO_4^-)}{2} = \dfrac{n(H_2O_2)}{5}$.

$n(H_2O_2) = \dfrac{5}{2}n(MnO_4^-)$ ، إذن كمية المادة $n(H_2O_2)$ الموجودة في $V_0 = 20mL$ من المحلول هي : $n(H_2O_2)(t) = \dfrac{5}{2}C_0.V_E$.

وبالتالي تركيز الماء الاكسجيني في المحلول المدد هو : $C' = [H_2O_2] = \dfrac{5}{2}.\dfrac{C_0.V_E}{V_0} = \dfrac{5}{2}.\dfrac{0,02\times 38}{20} = 0,095mol.L^{-1}$ ،

ومنه تركيز الماء الاكسجيني الإبتدائي هو : $C''=\frac{C'.V}{V_1}=\frac{0,095\times100}{11,2}=0,848mol.L^{-1}$

نلاحظ أن $C''\neq C$ إذن النتيجة التجريبية لا تتوافق مع ما كتب على ملصوقة القارورة ؟

التمرين الثامن : رياضيات و تقني رياضي 2009

إن احتراق وقود السيارات ينتج غاز SO_2 الملوث للجو والمتسبب للامطار الحامضية من جهة أخرى . من أجل معرفة التركيز الكتلي لغاز SO_2 في الهواء ، نحل $20m^3$ من الهواء في $1L$ من الماء لنحصل على محلول (S_0) (نعتبر أن كمية SO_2 تنحل كلي في الماء) . نأخذ حجما $V=50mL$ من (S_0) ثم نعايرها بواسطة محلول برمنغنات البوتاسيوم $(K^+_{(aq)}+MnO^-_{4(aq)})$ تركيزه المولي $C_1=2,0\times10^{-4}mol.L^{-1}$.

1. اكتب معادلة التفاعل المنمذج للمعايرة علما أن الثنائيتين الداخلتين في هذا التفاعل هما: $(SO_4^{2-}{}_{(aq)}/SO_{2(g)})$ و $(MnO^-_{4(aq)}/Mn^{2+}{}_{(aq)})$.
2. كيف تكشف تجريبا عن حدوث التكافؤ ؟
3. إذا كان حجم محلول برمنغنات البوتاسيوم $(K^+_{(aq)}+MnO^-_{4(aq)})$ المضاف عند التكافؤ $V_E=9,5mL$ استنتج التركيز المولي (C) للمحلول المعايَر .
4. عين التركيز الكتلي لغاز SO_2 المتواجد في الهواء المدروس .
5. إذا كانت المنظمة العالمية للصحة تشترط ان لا يتعدى تركيز SO_2 في الهواء $250\mu g.m^{-3}$ ، هل الهواء المدروس ملوث ؟ برر .

يعطى : $M(S)=32g.mol^{-1}$ و $M(O)=16g.mol^{-1}$.

الحل المفصل :

1. كتابة معادلة التفاعل المنمذج للمعايرة :

المعادلة النصفية للأكسدة : $5\times(SO_{2(g)}+2H_2O_{(l)}\rightarrow SO_4^{2-}{}_{(aq)}+4H^+_{(aq)}+2e^-)$.

المعادلة النصفية للإرجاع : $2\times(MnO^-_{4(aq)}+8H^+_{(aq)}+5e^-\rightarrow Mn^{2+}{}_{(aq)}+4H_2O_{(l)})$.

بجمع معادلتي الأكسدة والإرجاع طرفا لطرف نجد : $5SO_{2(g)}+2MnO^-_{4(aq)}+2H_2O_{(l)}\rightarrow 5SO_4^{2-}{}_{(aq)}+2Mn^{2+}{}_{(aq)}+4H^+_{(aq)}$

2. نكشف تجريبا عن حدوث التكافؤ ببداية استقرار المزيج (الوسط التفاعلي) على اللون البنفسجي المميز للشاردة MnO_4^- .

3. استنتاج التركيز المولي (C) للمحلول المعايَر .

عند التكافؤ يختفي المتفاعلان معا (تحقق الشروط الستوكيومترية) وبالتالي : $\frac{n_0(MnO_4^-)}{2}=\frac{n_0(SO_2)}{5}$ إذن : $\frac{C_1.V_E}{2}=\frac{C.V}{5}$ أي

ومنه تركيز المحلول المعاير هو $C=\frac{5}{2}\frac{C_1.V_E}{V}=\frac{5\times2\times10^{-4}}{2\times50}\times9.5$ C = 9,5 × 10^{-5} mol / L

4. تعين التركيز الكتلي لغاز SO_2 المتواجد في الهواء المدروس .

Cm = C × M = 9,5 × 10^{-5}× 64 = 608 × 10^{-5} g / L

5. تحديد طبيعة الهواء المدروس ملوث

تركيز غاز SO_2 في الحجم المدروس من الهواء هو : t = $\frac{m}{V_{air}}=\frac{6080}{20}$ = 304 microg / m^3

نلاحظ أن : 340 > 250

ومنه حسب شروط المنظمة العالمية للصحة فإن الهواء ملوث .

التمرين التاسع : علوم تجريبية 2010

لمتابعة التطور الزمني للتحول الكيميائي الحاصل بين محلول حمض كلور الهيدروجين ومعدن الزنك ، الذي يُنمذَجُ بتفاعل كيميائي ذي المعادلة :

$$Zn_{(s)}+2H^+_{(aq)}=Zn^{2+}{}_{(aq)}+H_{2(g)}$$

ندخل في اللحظة $t=0$ كتلة $m=1,0g$ من معدن الزنك في دورق به $V=40mL$ من محلول حمض كلور الهيدروجين تركيزه المولي $C=5,0\times10^{-1}mol.L^{-1}$. نعتبر حجم الوسط التفاعلي يبقى ثابتا خلال مدة التحول وأن الحجم المولي للغاز في شروط التجربة : $V_M=25L.mol^{-1}$.

نقيس حجم غاز ثنائي الهيدروجين V_{H_2} المنطلق في الشرطين من الضغط ودرجة الحرارة ، ندون النتائج في الجدول التالي :

$t(s)$	0	50	100	150	200	250	300	400	500	750
$V_{H_2}(mL)$	0	36	64	86	104	120	132	154	170	200
$x(mol)$										

1. أنجز جدولا لتقدم التفاعل واستنتج العلاقة بين التقدم x وحجم غاز ثنائي الهيدروجين المنطلق V_{H_2} .
2. أكمل الجدول أعلاه .
3. مثل البيان $x = f(t)$ باعتماد سلم الرسم التالي : $1cm \to 100s$ ، $1cm \to 1,0\times10^{-3} mol$.
4. أحسب قيمة السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظتين : $t_1 = 100s$ ، $t_2 = 400s$. كيف تتطور هذه السرعة مع الزمن ؟ علل .
5. إن التحول الكيميائي السابق تحول تام .

أ- أحسب التقدم الأعظمي x_{max} واستنتج المتفاعل المحد .

ب- عرف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ وأوجد قيمته .

يعطى : $M(Zn) = 65g.mol^{-1}$

الحل المفصل :

1. **جدول تقدم التفاعل :**

الكمية الابتدائية لمادة الزنك :

$$n_1 = \frac{m}{M} = \frac{1}{65} = 1,54\times10^{-2} mol .$$

الكمية الابتدائية لمادة حمض كلور الهيدروجين :

$$n_0 = C.V = 0,5\times40\times10^{-3} = 2\times10^{-2} mol$$

معادلة التفاعل		$Zn_{(s)}$	$+ 2H^+_{(aq)}$	$= Zn^{2+}_{(aq)}$	$+ H_{2(g)}$
حالة الجملة	التقدم	كمية المادة بـ $(mmol)$			
الحالة الإبتدائية	0	15,4	20	0	0
الحالة الإنتقالية	x	$15,4-x$	$20-2x$	x	x
الحالة النهائية	x_f	$15,4-x_f$	$20-2x_f$	x_f	x_f

- تحديد العلاقة بين التقدم x والحجم V_{H_2} .

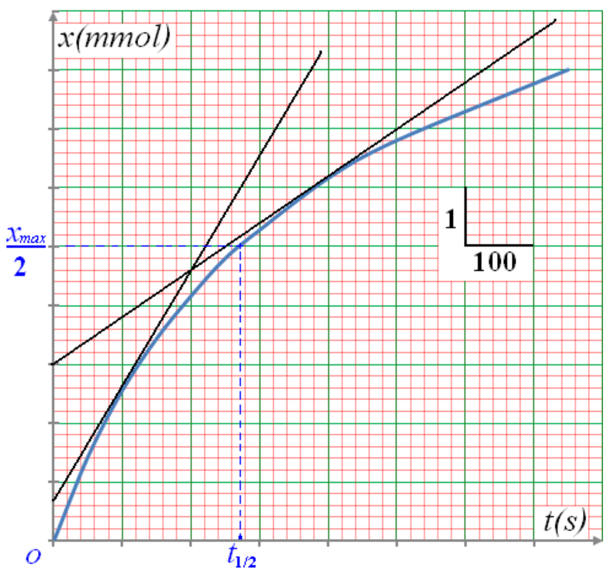
من جدول التقدم لدينا أن : $n_{H_2} = x$ ؛ ولدينا : $n_{H_2} = \frac{V_{H_2}}{V_M}$ وبالتالي : $x = \frac{1}{25}\times V_{H_2}$.

2. **تكملة الجدول .**

$t(s)$	0	50	100	150	200	250	300	400	500	750
$x(mmol)$	0	1,44	2,56	3,44	4,16	4,80	5,28	6,16	6,80	8,00

3. **رسم البيان $x = f(t)$:**

أنظر الشكل المقابل .



4. **حساب قيمة السرعة الحجمية للتفاعل في اللحظتين : t_1 ، t_2 .**

لدينا : $v_{vol} = \frac{1}{V}.\frac{dx}{dt}$ ، حيث $\frac{dx}{dt}$ تمثل ميل المماس عند اللحظة t_1 ، t_2

وبالتالي : عند اللحظة $t_1 = 100s$

لدينا : $$v_{vol} = \frac{1}{40\times10^{-3}}\frac{(2,56-0,7)\times10^{-3}}{100-0}$$

ومنه $v_{vol} = 4,6\times10^{-4} mol.L^{-1}.s^{-1}$.

عند اللحظة $t_1 = 400s$

لدينا $$v_{vol} = \frac{1}{40\times10^{-3}}\frac{(6,16-3,0)\times10^{-3}}{400-0}$$ ،

ومنه $v_{vol} = 2,0\times10^{-4} mol.L^{-1}.s^{-1}$.

نلاحظ أن السرعة الحجمية للتفاعل تتناقص بمرور الزمن وهذا راجع لتناقص تراكيز المتفاعلات .

5. أ– حساب التقدم الأعظمي x_{max} واستنتاج المتفاعل المحد .

لدينا : $15,4 - x_{max} = 0$ أو $20 - 2x_{max} = 0$ ، ومنه : $x_{max} = 10mmol$ ، وبالتالي حمض كلور الهيدروجين هو المتفاعل المحد .

ب– تعريف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ تحديد قيمته .

زمن نصف التفاعل هو المدة الضرورية لبلوغ التفاعل نصف تقدمه الأعظمي أي : $x(t_{1/2}) = \frac{x_{max}}{2}$.

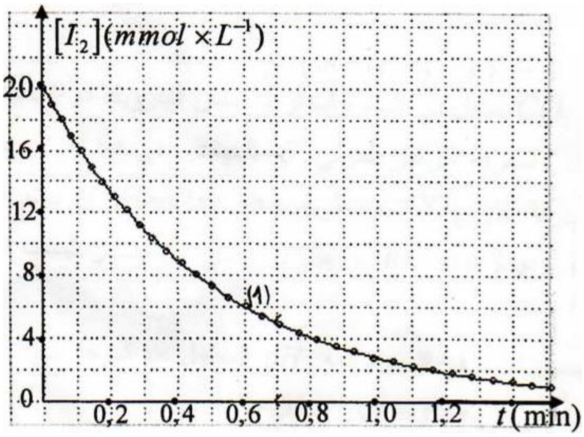
من البيان لما : $x(t_{1/2}) = \frac{10}{2} = 5mmol$ نجد : $t_{1/2} \approx 270s$.

التمرين العاشر : علوم تجريبية 2010

نأخذ عينة من منظف طبي للجروح عبارة عن سائل يحتوي أساسا على ثنائي اليود $I_{2(aq)}$ تركيزه المولي C_0 . نضيف إليها قطعة من الزنك $Zn_{(S)}$ فنلاحظ تناقص الشدة اللونية للمنظف .

1. أكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحول الكيميائي الحادث ، علما أن الثنائيتين الداخلتين في التفاعل هما : $\left(I_{2(aq)} / I^-_{(aq)}\right)$ ، $\left(Zn^{2+}_{(aq)} / Zn_{(S)}\right)$.

2. **التجربة الأولى** : عند درجة الحرارة $20°C$ نضيف إلى حجم $V = 50mL$ من المنظف قطعة من Zn ، ونتابع عن طريق المعايرة تغيرات $\left[I_{2(aq)}\right]$ بدلالة الزمن t فنحصل على البيان $\left[I_{2(aq)}\right] = f(t)$ الشكل –4 .



الشـــكل –4

أ– إقترح بروتوكولا تجريبيا للمعايرة المطلوبة مع رسم الشكل التخطيطي .

ب– عرف السرعة الحجمية لاختفاء I_2 مبينا طريقة حسابها بيانيا .

ج– كيف تتطور السرعة الحجمية لاختفاء I_2 مع الزمن ؟ فسر ذلك .

3. **التجربة الثانية** : نأخذ نفس الحجم V من نفس العينة عند الدرجة $20°C$ ، نضعها في حوجلة عيارية سعتها $100mL$ ثم نكمل الحجم بواسطة الماء المقطر إلى خط العيار ونسكب محتواها في بيشر ونضيف إلى المحلول قطعة من الزنك .

توقع شكل البيان (2) $\left[I_{2(aq)}\right] = g(t)$ وارسمه كيفيا ، في نفس المعلم مع البيان (1) للتجربة الأولى . علل .

4. **التجربة الثالثة** : نأخذ نفس الحجم V من نفس العينة ، ترفع درجة الحرارة إلى $80°C$ ، توقع شكل البيان (3) $\left[I_{2(aq)}\right] = h(t)$ وارسمه كيفيا ، في نفس المعلم السابق .

5. ما هي العوامل الحركية التي تبرزها هذه التجارب ؟ ماذا تستنتج ؟

الحل المفصل :

1. كتابة معادلة التفاعل المنمذج للتحول الكيميائي الحادث .

المعادلة النصفية للإرجاع : $I_{2(aq)} + 2e^- \rightarrow 2I^-_{(aq)}$.

المعادلة النصفية للأكسدة : $Zn_{(S)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$.

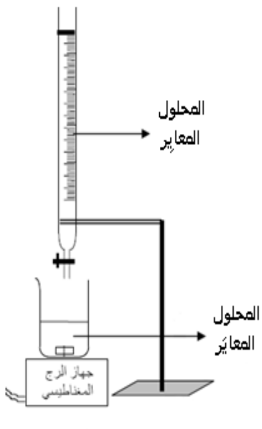
بجمع معادلتي الأكسدة والإرجاع طرفا لطرف نجد : $Zn_{(S)} + I_{2(aq)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2I^-_{(aq)}$

2. التجربة الأولى :

أ– البروتوكول التجريبي للمعايرة .

الهدف : معايرة نوع كيميائي هو إيجاد تركيزه المولي في محلوله .

خطوات العمل : نقسم المزيج التفاعلي إلى عدة أحجام متساوية وفي لحظة مختارة ، نأخذ حجما ونسكبه في بيشر جهاز المعايرة ، ثم بواسطة السحاحة المدرجة للجهاز ، نسكب عليه تدريجيا (قطرة قطرة) المحلول المعاير ، إلى أن يتغير اللون المميز للمزيج ، ندون اللحظة التي بدأنا عندها السكب والحجم الموافق للتكافؤ (الحجم المسكوب من المحلول المعاير) بجدول ، ونعيد العملية في لحظات مختلفة . (أنظر الشكل الجانبي)



تركيب لإجراء المعايرة

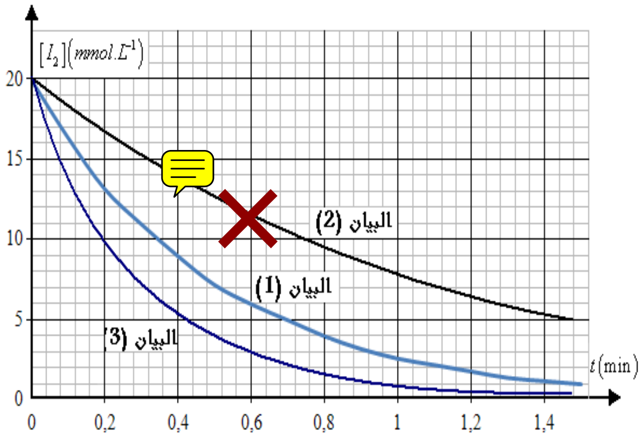
ب- تعريف السرعة الحجمية لاختفاء I_2 .

السرعة الحجمية لاختفاء I_2 هي القيمة المطلقة لتغير تركيزه خلال وحدة زمنية وتعطى بالعبارة : $v_{vol}\left(I_2\right)=\frac{1}{V}\frac{dn_{I_2}}{dt}=\frac{d\left[I_2\right]}{dt}$. وهي تمثل بيانيا القيمة المطلقة لميل مماس البيان الممثل لتغيرات $\left[I_2\right]$ بدلالة الزمن في النقطة ذات الفاصلة t .

جـ- تفسير كيفية تتطور السرعة الحجمية لاختفاء I_2 مع الزمن .

لو رسمنا عدة مماسات للبيان الممثل لتغيرات $\left[I_2\right]$ ؛ عند أزمنة مختلفة نلاحظ تناقص السرعة الحجمية لاختفاء I_2 وهذا راجع لتناقص تراكيز المتفاعلات .

3. التجربة الثانية : يتناقص البيان بسرعة أقل من الحالة الأولى ، وذلك لأن تركيز ثنائي اليود المستعمل في هذه الحالة أقل من تركيز ثنائي اليود في الحالة الأولى (محلول مخفف) .



4. التجربة الثالثة : يتناقص البيان بسرعة أكبر من الحالتين ، وذلك لارتفاع درجة الحرارة

5. العوامل الحركية التي تبرزها هذه التجارب هي تأثير تراكيز المتفاعلات ودرجة الحرارة على سرعة التفاعل .

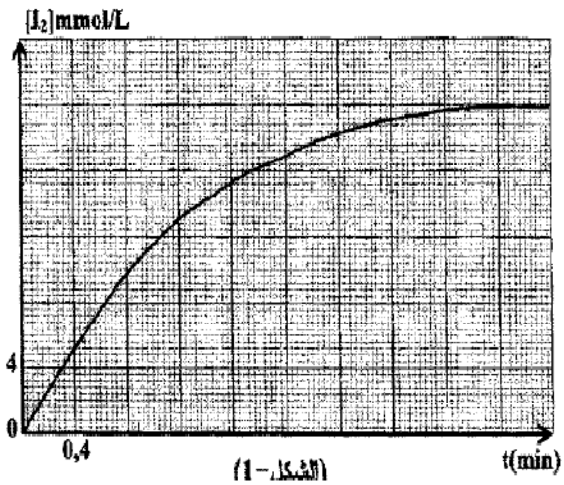
الإستنتاج :

- كلما كانت تراكيز المتفاعلات أكبر كلما كانت سرعة التفاعل أكبر
- كلما كانت درجة حرارة الوسط أكبر كلما كانت سرعة التفاعل أكبر

التمرين الحادي عشر : رياضيات و تقني رياضي 2010

نمزج في اللحظة $t=0$ حجما $V_1=200mL$ من محلول مائي لبيروكسودي كبريتات البوتاسيوم $\left(2K^+{}_{(aq)}+S_2O_8^{-2}{}_{(aq)}\right)$ تركيزه المولي $C_1=4,00\times10^{-2}mol.L^{-1}$ مع حجم $V_2=200mL$ من محلول مائي ليود البوتاسيوم $\left(K^+{}_{(aq)}+I^-{}_{(aq)}\right)$ تركيزه المولي $C_2=4,0\times10^{-1}mol.L^{-1}$

1. إذا علمت أن الثنائيتين $\left(Ox/\mathrm{Re}d\right)$ الداخلتين في التحول الكيميائي الحاصل هما : $\left(S_2O_8^{-2}{}_{(aq)}/SO_4^{-2}{}_{(aq)}\right)$ وَ $\left(I_{2(aq)}/I^-{}_{(aq)}\right)$.
   - أ- أكتب المعادلة المعبرة عن التفاعل أكسدة – إرجاع المنمذج للتحول الكيميائي الحاصل .
   - ب- أنجز جدولا لتقدم التفاعل الحادث . استنتج المتفاعل المحد .



2. توجد عدة تقنيات لمتابعة تطور تشكل ثنائي اليود I_2 بدلالة الزمن . استخدمت واحدة منها في تقدير كمية ثنائي اليود ورسم البيان $\left[I_2\right]=f\left(t\right)$ الموضح في (الشكل-1) .
   - أ- كم يستغرق التفاعل من الوقت لإنتاج نصف كمية ثنائي اليود النهائية ؟
   - ب- احسب قيمة السرعة الحجمية لتشكل ثنائي اليود في اللحظة $t=t_{1/2}$.
3. إن الطريقة التي أدت نتائجها إلى رسم البيان (الشكل-1) ، تعتمد في تحديد تركيز ثنائي اليود المتشكل عن طريق المعايرة ، حيث تؤخذ عينات متساوية ، حجم كل منها $V=10mL$ من الوسط التفاعلي في أزمنة مختلفة (توضع العينة مباشرة لحظة أخذها في الماء والجليد) ثم تعاير بمحلول مائي لثيو كبريتات الصوديوم $\left(2Na^+{}_{(aq)}/S_2O_3^{-2}{}_{(aq)}\right)$ تركيزه المولي $C'=1,0\times10^{-2}mol.L^{-1}$.

معادلة التفاعل الكيميائي المنمذج للتحول الحادث هي : $I_{2(aq)}+2S_2O_3^{2-}{}_{(aq)}=2I^-{}_{(aq)}+2S_4O_6^{2-}{}_{(aq)}$.

- أ- اذكر الخواص الأساسية للتفاعل الكيميائي المنمذج للتحول الكيميائي الحاصل بين ثيو كبريتات الصوديوم وثنائي اليود .
- ب- أوجد عبارة $\left[I_2\right]$ بدلالة كل من : V ، V_E ، C' . حيث : $\left[I_2\right]$ هو حجم محلول ثيو كبريتات الصوديوم اللازمة لبلوغ نقطة التكافؤ E .
- جـ- احسب الحجم المضاف V_E في اللحظة $t=1,2\min$.

الحل المفصل :

1. أ- كتابة معادلة التحول الحاصل .

معادلة الأكسدة : $2I^-{}_{(aq)}=I_{2(aq)}+2e^-$ ، معادلة الإرجاع : $S_2O_8^{-2}{}_{(aq)}+2e^-=2SO_4^{-2}{}_{(aq)}$.

بجمع المعادلتين طرفا لطرف نجد معادلة التحول الكيميائي الحاصل كما يلي : $S_2O_8{}^{-2}{}_{(aq)} + 2I^-{}_{(aq)} = 2SO_4{}^{-2}{}_{(aq)} + I_{2(aq)}$.

ب- جدول التقدم :

المعـــــــادلة		$S_2O_8{}^{-2}{}_{(aq)} + 2I^-{}_{(aq)} = 2SO_4{}^{-2}{}_{(aq)} + I_{2(aq)}$			
حالة الجملة	التقدم	كمـــيات المـــادة بـــ $mmol$			
إبـــتدائية	0	8	80	0	0
إنـــتقالية	x	$8-x$	$80-2x$	$2x$	x
نـــهائية	x_f	$8-x_f$	$80-2x_f$	$2x_f$	x_f

كمية مادة بيرو كسو دي كبريتات البوتاسيوم الإبتدائية :

$$n_1 = C_1V_1 = 4\times10^{-2}\times0,2 = 8\times10^{-3}mol$$

وبالتالي : $n_1 = 8mmol$.

كمية مادة يود البوتاسيوم الإبتدائية :

$$n_2 = C_2V_2 = 4\times10^{-1}\times0,2 = 8\times10^{-2}mol$$

وبالتالي : $n_2 = 80mmol$

لدينا : $8 - x_{max} = 0$ أو $80 - 2x_{max} = 0$ ومنه نستنتج أن $x_{max} = 8$ ، وبالتالي المتفاعل المحد هو : شاردة البيرو كسو دي كبريتات $S_2O_8^{-2}$.

2. أ- تحديد زمن نصف التفاعل .

من البيان لما $[I_2]_{1/2} = \frac{[I_2]_f}{2} = \frac{20}{2} = 10mmol.L^{-1}$ لدينا : $t_{1/2} = 0,84\min$.

ب- حساب السرعة الحجمية للتفاعل عند $t_{1/2}$.

لدينا : $v_{vol} = \frac{1}{V_{total}}.\frac{dx}{dt} = \frac{d[I_2]}{dt}$ وهي تمثل بيانيا ميل المماس عند اللحظة $t_{1/2}$. وبالتالي : $v_{vol} = \frac{10-3}{0,84-0} \approx 8,3mmolL.L^{-1}\min^{-1}$

3. أ- الخواص الأساسية للتفاعل الحاصل بين ثيو كبريتات الصوديوم وثنائي اليود هي : سريع ، تام ووحيد .

ب- كتابة عبارة $[I_2]$ بدلالة V ، V_E و C' .

لدينا عند التكافؤ : $\frac{n_{I_2}}{1} = \frac{n_{S_2O_3^{-2}}}{2}$ ، أي : $n_{I_2} = \frac{1}{2}C'.V_E$ ، ومنه : $[I_2] = \frac{n_{I_2}}{V} = \frac{V_E}{2V}.C'$.

ج-حساب الحجم المضاف V_E عند اللحظة $t = 1,2\min$.

لما $t = 1,2\min$ لدينا : $[I_2] = 13mmol.L^{-1}$ ، ولدينا : $[I_2] = \frac{V_E}{2V}.C'$ وبالتالي : $V_E = \frac{2[I_2]V}{C'}$

إذن : $V_E = \frac{2\times13\times10^{-3}\times10}{10^{-2}}$ ، ومنه : $V_E = 26mL$.

التمرين الثاني عشر : رياضيات وتقني رياضي 2010

نحضر محلولا (S) بمزج حجم $V_1 = 100mL$ من الماء الأكسجيني H_2O_2 تركيزه المولي $C_1 = 4,5\times10^{-2}mol.L^{-1}$ مع حجم $V_2 = 100mL$ من محلول يود البوتاسيوم $\left(K^+{}_{(aq)} + I^-{}_{(aq)}\right)$ تركيزه المولي $C_2 = 2,0\times10^{-1}mol.L^{-1}$. تعطى الثنائيتان : $\left(I_{2(aq)}/I^-{}_{(aq)}\right)$ ، $\left(H_2O_{2(aq)}/H_2O_{(l)}\right)$.

1. أ- أكتب معادلة أكسدة – إرجاع معتمدا على المعادلتين النصفيتين .

ب- أنشئ جدولا لتقدم التفاعل واستنتج المتفاعل المحد .

2. نقسم المحلول (S) على عدة أنابيب متماثلة كل منها يحتوي على حجم $V = 20mL$ وفي اللحظة $t = 3\min$ نضيف إلى الأنبوب الأول ماء وقطع من الجليد ثم نعاير ثنائي اليود $I_{2(aq)}$ المتشكل بواسطة ثيوكبريتات الصوديوم $\left(2Na^+{}_{(aq)}/S_2O_3^{2-}{}_{(aq)}\right)$ تركيزه المولي $C = 1,0mol.L^{-1}$ نكرر التجربة السابقة كل ثلاث دقائق مع بقية الأنابيب ، علما أن حجم الثيوكبريتات المضاف عند التكافؤ هو V_E .

لماذا نضيف الماء وقطع الجليد لكل أنبوب قبل المعايرة ؟

3. ننمذج التحول الكيميائي الحادث أثناء المعايرة بالمعادلة :

$$I_{2(aq)} + 2S_2O_3^{2-}{}_{(aq)} = 2I^-{}_{(aq)} + S_4O_6^{2-}{}_{(aq)}$$.

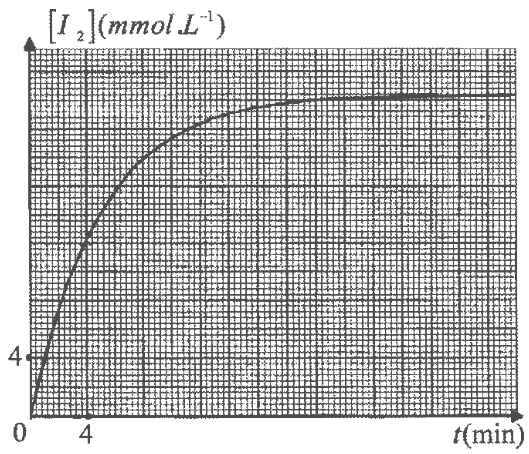
بين أن التركيز المولي لثنائي اليود المتشكل في أي لحظة t يعطى بالعلاقة : $[I_2] = \frac{CV_E}{2V}$.

4. إن دراسة تغيرات التركيز المولي لثنائي اليود المتشكل بدلالة الزمن أعطى البيان (الشكل-1)

أ- استنتج قيمة $[I_2]_f$ في نهاية التفاعل .

ب- احسب قيمة السرعة الحجمية لتشكل ثنائي اليود I_2 في اللحظة $t = 8\min$.

جـ- استنتج سرعة اختفاء الماء الأكسجيني في نفس اللحظة $t = 8\min$.



الشــــكل-1

الحل المفصل :

1. أ– كتابة معادلة أكسدة – إرجاع .

المعادلة النصفية للإرجاع : $H_2O_{2(aq)} + 2H^+_{(aq)} + 2e^- \rightarrow 2H_2O_{(l)}$. المعادلة النصفية للأكسدة : $2I^-_{(aq)} \rightarrow I_{2(aq)} + 2e^-$.

معادلة أكسدة – إرجاع : $H_2O_{2(aq)} + 2I^-_{(aq)} + 2H^+_{(aq)} \rightarrow 2H_2O_{(l)} + I_{2(aq)}$.

ب– جدول تقدم التفاعل :

كمية مادة الماء الأكسجيني :

$n_1 = C_1.V_1 = 4,5\times10^{-2}\times0,1$

ومنه : $n_1 = 4,5\times10^{-3} mol$.

كمية مادة يود البوتاسيوم :

$n_2 = C_2\times V_2 = 2,0\times10^{-1}\times0,1$

ومنه : $n_2 = 2,0\times10^{-2} mol$.

معادلة التفاعل		$H_2O_{2(aq)}$ +	$2I^-_{(aq)}$ +	$2H^+_{(aq)}$ →	$I_{2(aq)}$ +	$2H_2O_{(l)}$
حالة الجملة الكيميائية	التقدم	كمية المادة بـ $(mmol)$				
الحالة الإبتدائية	0	$n_1 = 4,5$	$n_2 = 20$	بوفرة	0	بوفرة
الحالة الإنتقالية	x	$n_1 - x$	$n_2 - 2x$	بوفرة	x	بوفرة
الحالة النهائية	x_f	$n_1 - x_f$	$n_2 - 2x_f$	بوفرة	x_f	بوفرة

- استنتاج المتفاعل المحد

$4,5\times10^{-3} - x_{max} = 0$ أي : $x_{max} = 4,5\times10^{-3} mol$ أو $2,0\times10^{-2} - 2x_{max} = 0$ أي : $x_{max} = 10^{-2} mol$.

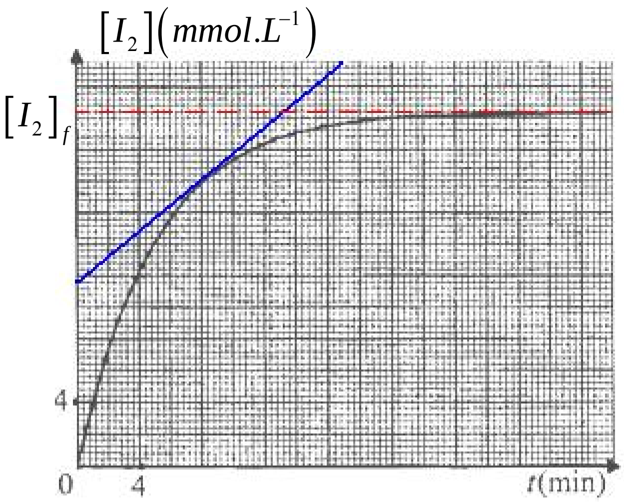
ومنه : التقدم الأعظمي هو $x_{max} = 4,5\times10^{-3} mol$ والمتفاعل الحد هو الماء الأكسجيني H_2O_2 .

2. نضيف قطع الجليد لتوقيف تشكل ثنائي اليود I_2 وللتمكن من معايرة كمية مادته الناتجة عند اللحظة t (لحظة أخذ العينة) .

3. إثبات أن: $[I_2] = \dfrac{CV_E}{2V}$.

من معادلة المعايرة نجد : $\dfrac{n(I_2)}{1} = \dfrac{n(S_2O_3^{-2})}{2}$ ، وبالتالي : $[I_2].V = \dfrac{1}{2}CV_E$

ومنه : $[I_2] = \dfrac{CV_E}{2V}$. $[I_2]_f = 5,6\times4 = 22,4 mmol.L^{-1}$



4. أ– استنتج قيمة $[I_2]_f$ في نهاية التفاعل .

من البيان نستنتج : $[I_2]_f = 5,6\times4 = 22,4 mmol.L^{-1}$.

ب– حساب السرعة الحجمية لتشكل ثنائي اليود I_2 في اللحظة $t = 8\min$.

لدينا : $v_{vol}(I_2) = \dfrac{d[I_2]}{dt}$ وتمثل بيانيا ميل المماس عند اللحظة $t = 8\min$.

ومنه : $v_{vol}(I_2) = \dfrac{18-11,6}{8-0} = 0,8 mmol.L^{-1}.\min^{-1}$

جـ– استنتاج سرعة اختفاء الماء الأكسجيني في نفس اللحظة $t = 8\min$.

لدينا : $v_{H_2O_2} = -\dfrac{dn_{H_2O_2}}{dt} = \dfrac{dx}{dt} = V.v_{vol} = V.v_{vol}(I_2)$ ومنه : $v_{H_2O_2} = 0,2\times0,8 = 0,16 mmol.L^{-1}.\min^{-1}$.

التمرين الثالث عشر : علوم تجريبية 2011

يعرف محلول بيروكسيد الهيدروجين بالماء الأوكسيجيني ، الذي يستعمل في تطهير الجروح وتنظيف العدسات اللاصقة وكذلك في التبييض .

يتفكك الماء الأكسيجيني ذاتيا وفق التفاعل المنمذج بالمعادلة الكيميائية التالية : $2H_2O_{2(aq)} = 2H_2O_{(\ell)} + O_{2(g)}$.

1. أقترح على التلاميذ في حصة الأعمال التطبيقية دراسة حركية التحول السابق .

وضع الأستاذ في متناولهم المواد والوسائل التالية :

– قارورة تحتوي على $500mL$ من الماء الأكسيجيني S_0 منتج حديثا كتب عليها ماء أكسجيني $10V$ (كل $1L$ من الماء الأكسيجيني يحرر $10L$ من غاز ثنائي الأكسجين في الشرطين النظاميين ، الحجم المولي $V_M = 22,4L/mol$)

– الزجاجيات :

- حوجلة عيارية : $50mL$ ، $100mL$ $200mL$ ، $250mL$.
- ماصات عيارية : $1mL$ ، $5mL$ ، $10mL$ وإجاصة مص .
- سحاحة مدرجة سعتها : $50mL$.
- بيشر سعتها $250mL$.

– قارورة محلول برمنغنات البوتاسيوم محضر حديثا تركيزه المولي بشوارد البرمنغنات $c'=2,0\times10^{-3}mol.L^{-1}$.
– ماء مقطر .
– قارورة حمض الكبريت المركز 98% .
– حامل .

قام الأستاذ بتفويج التلاميذ إلى أربع مجموعات مصغرة (A ، B ، C ، D) ثم طلب منهم القيام بما يلي :

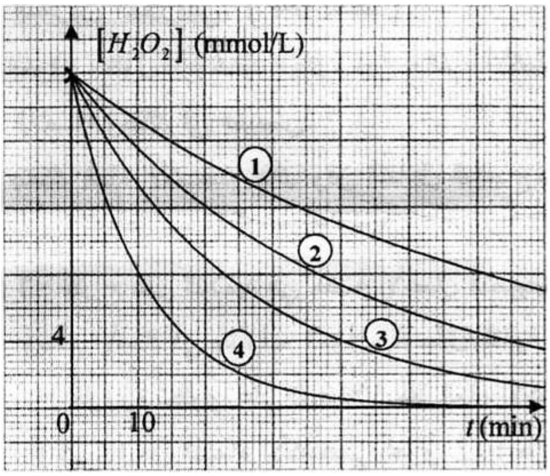
أولا : تحضير محلول S بحجم $200mL$ أي بتمديد عينة من المحلول S_0 40 مرة .

1- ضع بروتوكولا تجريبيا لتحضير المحلول S .
2- أنشئ جدولا لتقدم التفاعل . (تفكك الماء الأكسيجيني) .
3- احسب التركيز المولي للمحلول S_0 . استنتج التركيز المولي للمحلول S .

ثانيا : تأخذ كل مجموعة حجما من المحلول S ، وتضيف إليه حجما معينا من محلول يحتوي على شوارد الحديد الثلاثي كوسيط وفق الجدول التالي :

رمز المجموعة	A	B	C	D
حجم الوسيط المضاف (mL)	1	5	0	2
حجم H_2O_2 (mL)	49	45	50	48
حجم الوسط التفاعلي (mL)	50	50	50	50

1- ما هو دور الوسيط ؟ ما نوع الوساطة ؟
2- تأخذ كل مجموعة ، في لحظات زمنية مختلفة ، حجما مقداره $10mL$ من الوسط التفاعلي الخاص بها ويوضع في الماء البارد والجليد وتجرى له عملية المعايرة بمحلول برمنغنات البوتاسيوم المحمضة (باضافة قطرات من حمض الكبريت المركز).
أ– ما الغرض من استعمال الماء البارد والجليد ؟
3- سمحت عمليات المعايرة برسم المنحنيات البيانية (الشكل–2) .
أ– حدِّد البيان الخاص بكل مجموعة .
ب– اوجد من البيان التركيز المولي للمحلول S المعايَر . استنتج التركيز المولي للمحلول S_0 .
جـ– هل النتائج المتواصل إليها متطابقة مع ما هو مسجل على القرورة ؟



الشـــــكل–2

الحل المفصل :

أولا : تحضير $200mL$ المحلول S .

1. البروتوكول التجريبي .

حسب قانون التمديد لدينا : $F=\dfrac{V}{V_0}$ وبالتالي : $V_0=\dfrac{V}{F}=\dfrac{200}{40}=5mL$.

إذن الحجم الواجب أخذه من المحلول S_0 هو : $V_0=5mL$.

الأدوات المستعملة : ماصة عيار $5mL$ ، حوجلة سعتها $V=200mL$ ، إجاصة مص .

المواد المستعملة : الماء الأكسجيني ، الماء المقطر .

طريقة العمل : بواسطة ماصة عيار $5mL$ نأخذ حجم $V_0=5mL$ من المحلول S_0 ونضعها في حوجلة سعتها $V=200mL$ ، نضيف الماء المقطر حتى خط العيار مع الرج للحصول على محلول متجانس .

مـــــــعادلة الـــــــتفاعل		$2H_2O_{2(aq)} \rightarrow O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$		
حالة الجملة الكيميائية	التـــــقدم	كمـــــية الـــــمادة بـ (mol)		
الحـــــالة الإبتدائية	0	n_0	0	0
الحـــــالة الإنتقالية	$x(t)$	$n_0-2x(t)$	$x(t)$	$2x(t)$
الحـــــالة النــــهائية	x_f	n_0-2x_f	x_f	$2x_f$

1. جدول التقدم .

الشكل المقابل

2. تحديد التركيز المولي للمحلول S_0 .

من جدول التقدم لدينا : $x=n_{(O_2)}$.

ولدينا : $n_{(O_2)}=\frac{V_{O_2}}{V_M}$ إذن : $x=\frac{V_{O_2}}{V_M}$.

عند تفكك $V'=1L$ من الماء الأكسجيني يكون : $C_0V'-2x=0$ وبالتالي : $C_0=\frac{2x}{V'}$ إذن : $C_0=\frac{2.V_{O_2}}{V'.V_M}$.

ومنه : $C_0=\frac{2\times10}{1\times22,4}=0,893mol.L^{-1}$ ؛ إذن : $C=\frac{C_0}{F}=\frac{0,893}{40}=2,23\times10^{-2}mol.L^{-1}$.

ثانيا : المعايرة والوساطة .

1. الوسيط : عامل حركي محفز يعمل على تسريع التفاعل .

نوع الوساطة : متجانسة لأن الوسيط والمتفاعلات يشكلان طورا واحدا (سائل) .

2. أ– الغرض من إضافة الماء البارد الجليد هو إيقاف تفكك الماء الأكسجيني للتمكن من معايرته .

ب– الغرض من إضافة حمض الكبريت المركز هو تسريع التفاعل .

3. أ– كلما كان تركيز الوسيط أكبر كان التفاعل أسرع

وبالتالي زمن نصف التفاعل أقل . (بإهمال تأثير التركيز المولي للماء الأكسجيني) نستنتج :

رمز المجموعة	A	B	C	D
البيان الموافق	(2)	(4)	(1)	(3)

ب– استنتاج التركيز المولي للمحلول S ثم المحلول S_0 .

من البيان لما $t=0$ نجد : $C=4\times5=20mmol.L^{-1}$.

لدينا : $C_0=F\times C$ وبالتالي : $C_0=40\times20=800mmol.L^{-1}$ ومنه : $C_0=0,8mol.L^{-1}$.

جـ – النتائج : متطابقة في حدود أخطاء القياس .

التمرين الرابع عشر : علوم تجريبية 2011

لدراسة تطور حركية التحول بين شوارد البيكرومات $Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)}$ ومحلول حمض الأكساليك $C_2H_2O_{4(aq)}$.

نمزج في اللحظة $t=0s$ حجما $V_1=40mL$ من محلول بيكرومات البوتاسيوم $\left(2K^+_{(aq)}+Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)}\right)$ تركيزه المولي $c_1=0,2mol.L^{-1}$ مع حجم $V_2=60mL$ من محلول حمض الأكساليك تركيزه المولي مجهول c_2 .

1. إذا كانت الثنائيتان المشاركتان في التفاعل هما : $\left(CO_{2(aq)}/C_2H_2O_{4(aq)}\right)$ و $\left(Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)}/Cr^{3+}{}_{(aq)}\right)$.

أ– اكتب المعادلة المعبرة عن التفاعل أكسدة–إرجاع المنمذج للتحول الكيميائي الحادث .

ب– أنشئ جدولا لتقدم التفاعل .

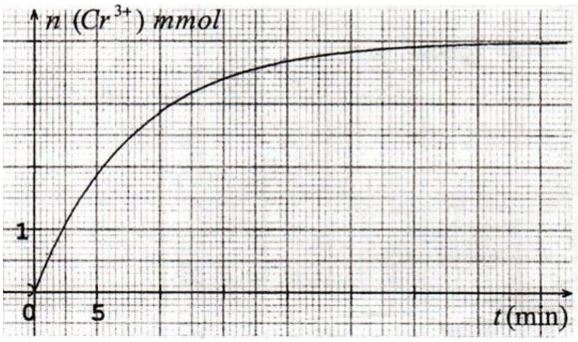
2. يمثل (الشكل–1) المنحنى البياني لتطور كمية مادة $Cr^{3+}{}_{(aq)}$ بدلالة الزمن .

أوجد من البيان :

أ– سرعة تشكل شوارد $Cr^{3+}{}_{(aq)}$ في اللحظة $t=20\min$.

ب– التقدم النهائي للتفاعل x_f .

جـ– زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.



الشـــــكل–1

3. أ- باعتبار التحول تاما عين المتفاعل المحد .

ب- اوجد تركيز المولي لمحلول حمض الأوكسليك c_2 .

الحل المفصل :

1. أ- كتابة المعادلة المعبرة عن التفاعل أكسدة-إرجاع المنمذج للتحول الكيميائي الحادث :

المعادلة النصفية للإرجاع : $Cr_2O_{7\ (aq)}^{2-} + 14H^+_{(aq)} + 6e^- \rightarrow 2Cr^{3+}_{(aq)} + 7H_2O_{(l)}$.

المعادلة النصفية للأكسدة : $3\times\left(C_2H_2O_{4(aq)} \rightarrow 2CO_{2(aq)} + 2H^+_{(aq)} + 2e^-\right)$.

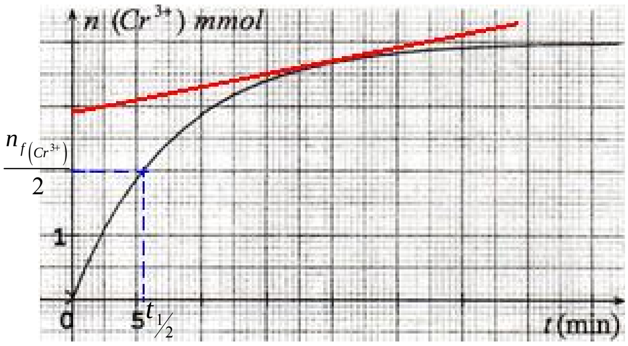
معادلة أكسدة – إرجاع : $Cr_2O_{7\ (aq)}^{2-} + 3C_2H_2O_{4(aq)} + 8H^+_{(aq)} \rightarrow 2Cr^{3+} + 6CO_{2(aq)} + 7H_2O_{(l)}$.

ب- إنشاء جدول تقدم التفاعل .

معـــــادلة الــــــتفاعل		$Cr_2O_{7\ (aq)}^{2-} + 3C_2H_2O_{4(aq)} + 8H^+_{(aq)} \rightarrow 2Cr^{3+} + 6CO_{2(aq)} + 7H_2O_{(l)}$					
حالة الجملة الكيميائية	التـــقدم	كمــــــية الــــــمادة بـ (mol)					
الحـــــالة الإبتدائية	0	$n_1 = 8.10^{-3}$	$n_2 = c_2.V_2$	بــوفرة	0	0	بــوفرة
الحـــــالة الإنتقالية	$x(t)$	$n_1 - x$	$n_2 - 3x$	بــوفرة	$2x$	$6x$	بــوفرة
الحـــــالة النــهائية	x_f	$n_1 - x_f$	$n_2 - 3x_f$	بــوفرة	$2x_f$	$6x_f$	بــوفرة

كمية مادة بيكرومات البوتاسيوم : $n_1 = c_1.V_1 = 0,2\times 40\times 10^{-3}$ ومنه : $n_1 = 8\times 10^{-3} mol$.

كمية مادة حمض الأكساليك : $n_2 = c_2 \times V_2$.



2. أ- إيجاد سرعة تشكل شوارد $Cr^{3+}_{(aq)}$ في اللحظة $t = 20\,\text{min}$.

لدينا : $v_{Cr^{3+}} = \frac{dn_{Cr^{3+}}}{dt}$ وهي تمثل ميل المماس عند اللحظة $t = 20\,\text{min}$.

وبالتالي : $v_{Cr^{3+}} = \frac{3,7-2,9}{20-0}$ ، إذن : $v_{Cr^{3+}} = 4\times 10^{-2} mmol.\text{min}^{-1}$.

ب- تحديد التقدم النهائي للتفاعل x_f .

من جدول التقدم لدينا : $n_{f(Cr^{3+})} = 2x_f$

من البيان لدينا : $n_{f(Cr^{3+})} = 4mmol$ ، وبالتالي : $x_f = \frac{n_{f(Cr^{3+})}}{4} = \frac{4}{2}$ ومنه : $x_f = 2mmol$.

ج- زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$.

لدينا : $n_{Cr^{3+}}\left(t_{1/2}\right) = \frac{n_{f(Cr^{3+})}}{2} = 2mmol$ ، وبالتالي : من البيان لما $n_{Cr^{3+}}\left(t_{1/2}\right) = \frac{n_{f(Cr^{3+})}}{2} = 2mmol$ لدينا : $t_{1/2} \simeq 6\,\text{min}$.

3. أ- تعين المتفاعل المحد .

بما أن التحول تام فإن : $x_{\max} = x_f = 2mmol$ وبالتالي : $n_{f(Cr_2O_7^{2-})} = n_1 - x_f = 8 - 2 = 6mmol$ إذن : $Cr_2O_7^{2-}$ ليس متفاعل محد .

ومنه المتفاعل المحد هو حمض الأكساليك $C_2H_2O_4$.

ب- ايجاد التركيز المولي لمحلول حمض الأوكسليك c_2 .

بما أن المتفاعل المحد هو حمض الأكساليك $C_2H_2O_4$ فإن : $n_{f(C_2H_2O_4)} = n_2 - 3x_{\max} = 0$.

وبالتالي : $c_2.V_2 = 3x_{\max}$ أي : $c_2 = \frac{3x_{\max}}{V_2} = \frac{3\times 2\times 10^{-3}}{60\times 10^{-3}}$ ومنه : $c_2 = 0,1 mol.L^{-1}$